Wpływ zróżnicowanej temperatury nocy na wzrost młodych roślin fasoli (*Phaseolus vulgaris* L.)

RYSZARD STANEK

Instytut Przyrodniczych Podstaw Produkcji Roślinnej
Akademii Rolniczej w Lublinie

(Przyjęto dn. 28.04.80)

R. Stanek (*Institute of Natural Principles of Plant Production, Agricultural Academy, Akademicka 15, 20-934 Lublin, Poland*) *Acta Agrobotanica* 34 (2): 219-230, 1982.

*Influence of differentiated night temperature on the growth of young bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.)*

Abstract

The plants were grown under controlled conditions at 24/24°C and 24/14°C day/night temperatures in growth chambers. It was shown that the cool night conditions which decreased dry matter growth of plants and leaves area, inhibited dark respiration and lowered Ca content in leaves. Under these conditions the specific leaf weight (SLW) and the content of N, P, K, calculated for 1 dm² of leaves area increased. The intensity of plant leaves photosynthesis from differentiated night temperature was similar.

WSTĘP

Porównanie wyników doświadczeń Wenta (1944) z późniejszymi doniesieniami innych autorów (Hussey, 1965; Friend i Helson, 1976) pozwala stwierdzić, że zjawisko termoperiodyzmu nie występuje u wszystkich gatunków roślin oraz odmian należących do tego samego gatunku. W związku z tym powstaje pytanie jak kształtują się współzależności między różnicowanym pod wpływem periodycznych wahań dobowej temperatury wzrostem roślin a przebiegiem ich procesów metabolicznych.

Warrington i in. (1977) stwierdzili, że stała dobową temperaturą 23°C w porównaniu ze zmienną temperaturą dnia i nocy 29/17°C spowodowała istotne obniżenie suchej masy roślin soi. Intensywność fotosyntezy i oddychania ciemniowego u roślin z porównywanych układów

temperatury była podobna, a różnice w powierzchni liści nie przekraczały 20%.

Peet i in. (1977) porównując wzrost liści fasoli w temperaturze dnia i nocy 20/15, 25/20 i 30/25°C stwierdzili największą powierzchnię blaszek u roślin hodowanych w temperaturze 25/20°C, które wykazywały najniższą intensywność oddychania ciemniowego. W warunkach doświadczenia intensywność fotosyntezy wzrastała ze wzrostem dobowej temperatury.

Hilliard i West (1970) podają, że obniżenie temperatury nocy w stosunku do temperatury dnia powoduje w następstwie depresję fotosyntezy oraz prowadzi do hamowania wzrostu roślin.

Chatterton i in. (1972) wykazali, że obniżenie temperatury nocy nawet do 6°C przy temperaturze dnia 30°C nie spowodowało hamowania fotosyntezy i wzrostu u młodych intensywnie krzewiących się roślin *Digitaria decumbens* Stent.

Jak więc widać zagadnienie wpływu termoperiodyzmu dobowego na wzrost i metabolizm roślin jest złożone i wymaga dalszych badań.

Celem przeprowadzonych badań było ustalenie zależności między wzrostem suchej masy roślin a wzrostem liści, zawartością składników mineralnych w liściach, intensywnością fotosyntezy, natężeniem oddychania ciemniowego w zależności od temperatury nocy.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono na roślinach *Phaseolus vulgaris* L. odmiany 'Biała wyborowa' rosnących w regulowanych warunkach komory wegetacyjnej przy wilgotności względnej powietrza 70%. Źródłem światła dla roślin były 40 W świetlówki typu Flora i Daylight rozmieszczone naprzemiennie. Intensywność światła w płaszczyźnie wierzchołków roślin wynosiła 9 klx przy długości dnia — 14 godzin (od 7,00 do 21,00). Temperaturę w dzień utrzymywano stale na poziomie 24°C. W nocy natomiast rośliny jednej serii rosły w temperaturze 24°C, a drugiej w 14°C. Różnicowanie temperatury w godzinach nocnych rozpoczynano szóstego dnia po wysiewie nasion. Do tego momentu zarówno kiełkowanie, jak i pierwszy okres wzrostu siewek przebiegały w jednakowych warunkach: w wodzie destylowanej i w temperaturze 24°C. Sześciodniowe siewki przenoszono do litrowych naczyń wypełnionych wodną pożywką Knopa. Pożywkę codziennie przewietrzano i co 4 dni wymieniano. Doświadczenie prowadzono przez 22 dni od wykiełkowania nasion.

Pomiary suchej masy roślin wykonywano co 2 dni, pobierając do oznaczeń po 6 siewek z obu kombinacji. Materiał roślinny podzielony

na liście, łodygi i korzenie suszono w temperaturze 105°C do stałej masy. Jednocześnie z pomiarami suchej masy oznaczano planimetrem powierzchnię liści oraz określano udział powierzchni liści poszczególnych piętér w całkowitej powierzchni liściowej roślin.

Wykorzystując powyższe dane liczbowe obliczano wartości stosunku suchej masy liści do powierzchni ich blaszek (SLW).

Ponadto od momentu przesadzania siewek do kultur wodnych codziennie rano (7,00) i wieczorem (20,00) mierzono przyrosty długości liści młodocianych i trójdzielnych. Za wskaźnik długości liścia trójdzielnego przyjmowano sumę długości trzech jego części składowych. Pomiary wykonywano stale na tych samych liściach u 12 roślin z każdej kombinacji.

W suchej masie liści oznaczano procentową zawartość azotu ogólnego metodą Kjeldahla, fosforu — metodą wanadowo-molibdenianową oraz potasu i wapnia za pomocą fotometru płomieniowego. Korzystając z rezultatów przeprowadzonych analiz określono ilość N, P, K i Ca w 1 dm² blaszek liściowych.

Fotosyntezę i oddychanie ciemniowe mierzono za pomocą analizatora gazów typu Infralyt pracującego w systemie otwartym. Warunki termiczne i świetlne podczas pomiarów pozostawały niezmienione w stosunku do warunków wzrostu roślin. Fotosyntezę mierzono na nieoddzielonych od roślin liściach młodocianych i pierwszych trójdzielnych. Pomiary rozpoczynano po 30 minutach od rozpoczęcia dnia. Wyniki przedstawiono w postaci wartości średnich z czterech oznaczeń. Intensywność oddychania ciemniowego mierzono w warunkach nocy u całych roślin, a rezultaty przedstawiono jako średnie wartości z czterech oznaczeń.

Przy opracowaniu statystycznym wyników dotyczących wzrostu suchej masy roślin i powierzchni liści obliczano odchylenia standardowe i przedziały ufności według metody Tukeya (O k t a b a, 1966). Wnioskowanie przeprowadzono z 50% ryzykiem błędu.

WYNIKI

Obniżona do 14°C temperatura w godzinach nocnych, w porównaniu z temperaturą 24°C wpływała hamująco na wzrost suchej masy całych roślin oraz poszczególnych ich organów (rys. 1). Rośliny ze stałej temperatury 24°C, które wytwarzały większą biomase, charakteryzowały się także większą całkowitą powierzchnią liści (rys. 2) oraz wykształcały więcej piętér liści (rys. 3).

Liście młodociane, a także pierwsze trójdzielne w serii z temperatury nocy 24°C, przyrastały na długość szybciej w nocy niż w dzień (rys. 4). Natomiastienne przyrosty długości liści młodocianych i pierw-

szych trójdzielných roślin w serii z obniżonej temperatury (14°C) były zawsze wyższe niż nocne i nieco wyższe od przyrostów dziennych analogicznych liści roślin ze stałej temperatury 24°C (rys. 4).

Obniżona temperatura w godzinach nocnych wpłynęła na podwyższenie wartości stosunku suchej masy liści do ich powierzchni (SLW)

Rys. 1. Wpływ temperatury nocy na wzrost suchej masy roślin
a — całkowita sucha masa, b — sucha masa liści, c — sucha masa łodyg, d — sucha masa korzeni, 1 — temp. 24°C , 2 — temp. 14°C , 3 — wartość odchylenia standardowego, 4 — wartość NUR

Fig. 1. The effect of night temperature on the increase of plant dry mass
a — total dry mass, b — dry mass of leaves, c — dry mass of stems, d — dry mass of roots, 1 — 24°C , 2 — 14°C , 3 — standard deviation, 4 — least significant difference

Rys. 2. Wpływ temperatury nocy na wzrost całkowitej powierzchni liści
1 — temp. 24°C, 2 — temp. 14°C, 3 — wartość odchylenia standardowego, 4 — wartość NUR

Fig. 2. The effect of night temperature on the increase of the total area leaves
1 — 24°C, 2 — 14°C, 3 — standard deviation, 4 — least significant difference

Rys. 3. Powierzchnia liści poszczególnych pięter u roślin przy zróżnicowanej temperaturze nocy. Całkowita powierzchnia liści — 100%
I — temp. 24°C, II — temp. 14°C, M — liście młodociane, 1, 2, 3, 4, 5 — kolejne liście trójdzielne

Fig. 3. The area of leaves from different levels at various night temperature.
The total area of leaves — 100%
I — 24°C, II — 14°C, M — young leaves, 1, 2, 3, 4, 5 — the next in order trifoliate leaves

(rys. 5). Zależności takie stwierdzono zarówno w odniesieniu do liści młodocianych oraz pierwszych trójdzielnych, jak i do wszystkich liści na roślinie. W trakcie wzrostu liści porównywanych roślin obserwowano stałe zmniejszanie się wartości SLW.

Biorąc pod uwagę zróżnicowaną szybkość wzrostu liści, szczególnie interesujące wydało się prześledzenie w nich zmian zawartości składników mineralnych (N, P, K i Ca). Analiza suchej masy liści wykazała, że pod wpływem obniżonej temperatury nocy bardzo wyraźnie zmniejsz-

Rys. 4. Przyrosty długości liści młodocianych i pierwszych trójdzielnych w warunkach zróżnicowanej temperatury nocy

1 — przyrosty dzienne, 2 — przyrosty nocne

Fig. 4. Increases in the length of young and first trifoliate leaves under conditions of various night temperatures

1 — daytime increase, 2 — nighttime increase

Rys. 5. Wpływ temperatury nocy na wartość stosunku suchej masy liści do ich powierzchni (SLW)

a — liście młodociane, b — pierwsze liście trójdzielne, c — wszystkie liście na roślinie,
1 — temp. 14°C, 2 — temp. 24°C, 3 — wartość odchylenia standardowego

Fig. 5. The effect of night temperature on the ratio of dry mass to area of leaves (SLW)

a — young leaves, b — first trifoliolate leaves, c — all of the plants leaves. 1 — 14°C,
2 — 24°C, 3 — standard deviation

szyla się procentowa zawartość wapnia, a w nieco mniejszym stopniu azotu ogólnego (tab. 1). Porównując natomiast procentowy udział fosforu i potasu w suchej masie liści takich zależności nie zaobserwowano. Przeliczając zawartość składników mineralnych zgromadzonych w liściach na jednostkę ich powierzchni stwierdzono większą ilość azotu, potasu i fosforu w blaszkach liściowych roślin serii o obniżonej nocnej

Tabela 1—Table 1

Procentowa zawartość N, P, K i Ca w całkowitej suchej masie liści roślin ze zróżnicowanej nocnej temperatury

The percent of N, P, K and Ca of the total dry mass of leaves from plants exposed to various night temperatures

Dni od wysiewu Days after sowing	Pierwiastek — Element											
	N				P				K			
	% w stos. do temp.				% w stos. do temp.				% w stos. do temp.			
	24°C	14°C	24°C	24°C	14°C	24°C	24°C	14°C	24°C	24°C	14°C	24°C
	% of the content at 24°C				% of the content at 24°C				% of the content at 24°C			
10	7,36	6,95	94,43	0,98	1,20	122,45	4,33	4,62	106,70	1,41	1,12	79,43
16	5,99	5,41	90,32	0,76	0,82	107,89	3,77	3,66	97,08	2,61	1,60	61,30
22	5,10	4,63	90,78	0,71	0,66	92,96	3,63	3,70	101,93	2,81	2,13	75,80

Rys. 6. Ilość N, P, K, Ca w przeliczeniu na 1 dm² powierzchni: 1 — wszystkie liście, 2 — liście młodociane, 3 — pierwsze liście trójdzielne roślin ze zróżnicowanej temperatury nocy. a — 10 dni, b — 16 dni, c — 22 dni po wysiewie
 Fig. 6. The amount of N, P, K and Ca calculated for 1 dm² of: 1 — all the plants leaves, 2 — young leaves, 3 — first trifoliate leaves of plants exposed to various night temperatures, a — 10 days, b — 16 days, c — 22 days after sowing

temperaturze (rys. 6). Natomiast zawartość wapnia z reguły była niższa. Zależności te szczególnie wyraźnie wystąpiły u liści trójdzielnych. Liście starsze charakteryzowały się mniejszą zawartością N, P, K, a większą Ca.

Intensywność fotosyntezy liści młodocianych i pierwszych trójdzielnych roślin porównywanych wariantów kształtowała się na jednakowym poziomie (rys. 7). Proces włączania CO_2 na świetle przebiegał nieco intensywniej w początkowym okresie doświadczenia niż w końcowej fazie pomiarów.

Rys. 7. Intensywność fotosyntezy: a—liście młodociane, b—pierwsze liście trójdzielne roślin ze zróżnicowanej temperatury nocy. 1—temp. 14°C, 2—temp. 24°C
Fig. 7. Intensity of photosynthesis: a—young leaves, b—first trifoliolate leaves of plants exposed to various night temperatures. 1—14°C, 2—24°C

Natężenie oddychania całych roślin mierzone w warunkach nocy pozostawało, jak oczekiwano, w ścisłym związku z temperaturą otoczenia. Ciemniowe wydzielanie dwutlenku węgla było dwukrotnie wolniejsze u roślin z niższej temperatury nocy w porównaniu z roślinami ze stałej temperatury nocy i dnia (tab. 2).

Tabela 2—Table 2
Intensywność oddychania całych roślin w warunkach
($\text{mg CO}_2 \times \text{g}^{-1} \times \text{h}^{-1}$)
zróżnicowanej temperatury nocy
Intensity of respiration of whole plants exposed to
various night temperatures
($\text{mg CO}_2 \times \text{g}^{-1} \times \text{h}^{-1}$)

Temperatura nocy Night temperature	Dni od wysiewu Days after sowing			
	14	16	18	20
24°C	5,22	5,26	5,00	5,26
14°C	2,63	2,24	2,40	2,21

DYSKUSJA I PODSUMOWANIE

W pracy wykazano, że liście fasoli rosły zarówno w nocy, jak i w dzień. Wzrost liści w okresie całej doby wykazali również u jęczmienia w warunkach polowych Gallagher i Biscoe (1979). Według Allisona (1963) wzrost liści jęczmienia przebiega jedynie w ciągu dnia.

Liście fasoli rosnące w temperaturze nocy 24°C wykazywały silniejszy przyrost długości w nocy niż w dzień. Natomiast przy obniżonej nocnej temperaturze przyrosty dzienne były większe od nocnych, co jednak nie rekompensowało ograniczającego wpływu chłodnej nocy. W rezultacie liście roślin z obniżonej nocnej temperatury rosły wolniej i dłużej w porównaniu z liśćmi z temperatury 24°C, a nowe piętra liści pojawiały się na roślinach z opóźnieniem. Hamowanie wzrostu liści w warunkach niższej nocnej temperatury jest zrozumiałe biorąc pod uwagę obniżoną intensywność odychania ciemniowego, które wyznacza poziom energetyczny organizmu i dostarcza substratów do procesów wzrostowych (Ching i Kronstad, 1972; Starck, 1978).

Wolniejsze zużywanie asymilatów w warunkach chłodnej nocy wpłynęło niewątpliwie na podwyższenie wartości stosunku suchej masy liści do ich powierzchni (SLW). O wpływie temperatury na kształtowanie się SLW donoszą Peet i in. (1977), którzy w doświadczeniach z fasolą stwierdzili dodatnią korelację między wartościami tego wskaźnika a grubością liści. Autorzy ci wykazali także ujemną korelację między SLW a intensywnością fotosyntezy.

W omawianych badaniach takich zależności nie obserwowano. Wyrażne zróżnicowania wartości stosunku suchej masy liści młodocianych i pierwszych trójdzielnych do ich powierzchni u fasoli z porównywanych warunków temperatury nocy, wykazano przy braku różnic w intensywności fotosyntezy. Także Warrington i in. (1977) w doświadczeniach z soją rosnącą w temperaturze dnia i nocy 23/23°C, 26/20°C i 29/17°C stwierdzili istotne zróżnicowanie wartości SLW oraz brak wyraźnych różnic w szybkości wiązania CO₂ na świetle.

Sugestie Natra (1972) wskazują na zależność między natężeniem fotosyntezy a zawartością w liściach składników mineralnych, których poziom, jak podaje Korovin (1972), obniża się pod wpływem niższej temperatury otoczenia. W omawianych badaniach własnych stwierdzono wyższą zawartość N, P, K w przeliczeniu na 1 dm² powierzchni liści roślin z temperatury 14°C. Jedynie zawartość Ca w liściach roślin z warunków chłodnej nocy, które wolniej rosły, była niższa i to zarówno w przeliczeniu na jednostkę ich masy, jak i powierzchni. Można więc przypuszczać, że niska temperatura nocy wpływała ujemnie na transport wapnia do liści. Wydaje się także, iż akumulacja wapnia w liściach

jest bardziej związana z przebiegiem ich wzrostu niż z intensywnością fotosyntezy. Terry i Huston (1975) wykazali, iż deficyt wapnia u buraka cukrowego, powodujący wyraźną redukcję powierzchni liściowej, nie miał ujemnego wpływu na fotosyntezę.

Przytoczone rezultaty badań wskazują na stymulację wzrostu powierzchni liściowej i suchej masy roślin w warunkach stałej dobowej temperatury 24°C. Wynikało to niewątpliwie z korzystniejszego w tych warunkach bilansu CO₂ (fotosynteza-oddychanie) w rozliczeniu dobowym w stosunku do całej rośliny. Na podstawie danych zamieszczonych w pracy obliczono dobowy bilans dwutlenku węgla dla roślin w wieku 14, 16, 18 i 20 dni od wysiewu nasion. W przypadku fasoli z temperatury nocy 24°C wartości tego bilansu wynosiły odpowiednio: 109, 215, 279, 389 mg CO₂, a dla roślin z nocnej temperatury: 14°C—80, 113, 151, 232 mg CO₂. Korzystniejszy bilans CO₂ roślin z wyższej nocnej temperatury, mimo większych w tych warunkach „strat” na oddychanie, wynikał niewątpliwie z szybszego wzrostu powierzchni liściowej. Wskutek tego wzrastała fotosynteza całych roślin, a w związku z tym i produkcja biomasy. Szybszy wzrost biomasy oraz wyższy plon nasion fasoli uzyskano także w doświadczeniu polowym, kiedy spadki temperatury w godzinach nocnych łagodzone przez okrywanie poletek namiotami foliowymi w okresie od wschodów do pojawienia się pąków kwiatowych u roślin (Staneck, 1976).

W kontrolowanych warunkach również i rośliny słonecznika rosły najlepiej w stałej temperaturze dnia i nocy wynoszącej 26°C. Zarówno obniżenie temperatury w nocy do 23, 18 i 13°C, jak i podwyższenie jej do 28 i 32°C hamowało wzrost masy roślin i powierzchni liści (dane w przygotowaniu do publikacji).

Streszczenie

Rośliny rosły w regulowanych warunkach kamery wzrostowej w temperaturze dnia/nocy 24/24°C i 24/14°C. Wykazano, że warunki chłodnej nocy, które ograniczały wzrost suchej masy roślin i powierzchni liści wpływały hamująco na oddychanie ciemniowe i obniżały zawartość Ca w liściach. W tych warunkach zwiększała się wartość stosunku suchej masy liści do ich powierzchni (SLW) oraz zawartość N, P, K w przeliczeniu na 1 dm² powierzchni liści. Intensywność fotosyntezy liści roślin ze zróżnicowanej temperatury nocy była podobna.

LITERATURA

- Allison R. M., 1963. Phasic growth of the leaves of cereales. *Nature* 198: 809-810.
Chatterton N. J., Carlson G. E., Hungerford W. E., Lee D. R., 1972.

- Effect of tillering and cool night on photosynthesis and chloroplast starch in pangola. *Crop. Sci.* 12: 206-208.
- Ching T. M., Kronstad W. E., 1972. Varietal differences in growth potential, adenylate energy level and energy charge of wheat. *Crop. Sci.* 12: 785-789.
- Friend D. J. C., Helson V. A., 1976. Thermoperiodic effects on the growth and photosynthesis of wheat and other crop plants. *Bot. Gaz.* 137: 75-84.
- Gallagher J. N., Biscoe P. V., 1979. Field studies of cereal leaf growth. III. Barley leaf extension in relation to temperature, irradiance and water potential. *J. Exp. Bot.* 30: 645-655.
- Hilliard J. H., West S. H., 1970. Starch accumulation associated with growth reduction at low temperatures in a tropical grass. *Science* 168: 494-496.
- Hussey G., 1965. Growth and development in the young tomato. III. The effect of night and day temperatures on vegetative growth. *J. Exp. Bot.* 16: 373-385.
- Korovin A. M., 1972. Rol temperatury v mineralnom pitanii rastenii. *Gidrometeoizdat. Leningrad*, 132-172.
- Natr L., 1972. Influence of mineral nutrients on photosynthesis of higher plants. *Photosynthetica* 6: 80-92.
- Oktaba W., 1966. *Elementy statystyki matematycznej i metodyka doświadczalnictwa*. PWN, Warszawa.
- Peet M. N., Ozbun J. L., Wallace D. H., 1977. Physiological and anatomical effects of growth temperature on *Phaseolus vulgaris* L. cultivars. *J. Exp. Bot.* 28: 57-69.
- Stanek R., 1976. Badania nad wpływem zróżnicowanej temperatury nocy na wzrost, fotosyntezę i produktywność roślin fasoli. *Praca doktorska. Akademia Rolnicza, Lublin*.
- Starck Z., 1978. Dystrybucja asymilatów jako jeden z czynników determinujących plon rolniczy. *Post. Nauk rol.* 1: 17-34.
- Terry N., Huston R. P., 1975. Effects of calcium on the photosynthesis of intact leaves and isolated chloroplast of sugar beets. *Plant Physiol.* 55: 923-927.
- Warrington I. J., Peet M., Patterson D. T., Bunce J., Haslemore R. M., Hellmers H., 1977. Growth and physiological responses of soybean under various thermoperiods. *Aust. J. Plant. Physiol.* 4: 371-380.
- Went F. W., 1944. Plant growth under controlled conditions. II. Thermoperiodicity in growth and fruiting of the tomato. *Am. J. Bot.* 31: 135-150.